

## **Razões isotópicas de He e Ne ao longo do Rift da Terceira: implicações para a fonte mantélica dos Açores**

### ***He and Ne isotopic ratios along the Terceira Rift: implications for the Azores mantle source***

**P. MADUREIRA** – pedro@uevora.pt (Universidade de Évora, Departamento de Geologia e Centro de Geofísica de Évora; Estrutura de Missão para a Extensão da Plataforma Continental)

**M. MOREIRA** – moreira@ipgp.fr (Institut de Physique du Globe, Laboratoire de Géochimie et Cosmochimie)

**J. NUNES** – jcnunes@uac.pt (Universidade dos Açores, Departamento de Geociências)

**M. CARVALHO** – mdrcarvalho@fc.ul.pt (GeoFCUL; CeGUL; Fac. Ciências Universidade de Lisboa)

**J. MATA** – jmata@fc.ul.pt (GeoFCUL; CeGUL; Fac. Ciências Universidade de Lisboa)

**M. PINTO DE ABREU** – mapabreu@emepc-portugal.org (Estrutura de Missão para a Extensão da Plataforma Continental)

**RESUMO:** Neste trabalho foram obtidas razões isotópicas de He e Ne em fenocristais de olivina separados a partir de lavas amostradas no arquipélago dos Açores e, em particular, ao longo da fronteira de placas designada por *Rift* da Terceira. Nele são apresentados os primeiros dados isotópicos de Ne obtidos para lavas basálticas das ilhas de S. Miguel, da Graciosa e do Faial. De igual modo, merecem destaque os dados de gases nobres obtidos para lavas submarinas amostradas a 3000 m de profundidade na Bacia Hirondelle Sul. Estas últimas permitem reconhecer a extensão de uma fonte mantélica relativamente primitiva até uma zona próxima da ilha de S. Miguel. Ao contrário da ilha Terceira, cujas razões isotópicas de He e Ne podem ser justificadas por mistura entre uma componente mantélica primitiva e uma componente do tipo MORB, as lavas da bacia Hirondelle permitem considerar a existência de um componente reciclado.

**PALAVRAS-CHAVE:** Razões isotópicas de He e Ne, fonte mantélica, Açores.

**ABSTRACT:** *He and Ne isotopic ratios obtained from olivine phenocrysts extracted from some Azores lavas and particularly along the Terceira Rift are presented. For S. Miguel, Graciosa and Faial islands the first Ne isotopic data will be shown. Noble gas data were also obtained for submarine lavas sampled at 3000 m depth at south Hirondelle Basin. The latter argue for the existence of a relatively primitive mantle source that extends to an area near S. Miguel Island. Conversely to Terceira Island, for which noble gas data can be explained by mixing between a primitive mantle source and a MORB-type component, Hirondelle lavas point to the presence of a recycled component in the mantle source.*

**KEYWORDS:** *He and Ne isotopic ratios, mantle source, Azores.*

## 1. INTRODUÇÃO

Ao longo das últimas décadas, a análise sistemática de gases nobres tem demonstrado a existência de uma heterogeneidade significativamente maior da fonte mantélica dos basaltos das ilhas oceânicas (Ocean Island Basalt, OIB) do que aquela onde são gerados os magmas extruídos ao longo das cristas médias oceânicas (dando origem aos *Mid-Ocean Ridge Basalt*, MORB) (e.g. Kurz *et al.*, 1982; Allègre *et al.*, 1995). A produção de  $^4\text{He}$  resulta do decaimento radioactivo das séries de U e Th e diferentes razões isotópicas de He podem ser geradas no manto como resultado da sua evolução sob diferentes valores de  $(\text{U}+\text{Th})/^3\text{He}$  consequentes de diferentes processos de fusão parcial e desgaseificação ao longo do tempo. Os magmas do tipo MORB são normalmente considerados como tendo origem no manto superior astenosférico e apresentam razões isotópicas  $^4\text{He}/^3\text{He}$  que variam num intervalo restrito, sendo possível atribuir um valor médio entre 85,000 to 90,000 ( $\text{R}/\text{Ra} = 8$  to 8.5, sendo Ra a razão  $^3\text{He}/^4\text{He}$  da atmosfera e igual a  $1.384 \times 10^{-6}$ ). Uma variação bem maior é observada nos basaltos do tipo OIB; no entanto a descoberta de valores de razões  $^4\text{He}/^3\text{He}$  tão baixos como 20,500 ( $\text{R}/\text{Ra} \sim 35$ ) e 15,000 ( $\text{R}/\text{Ra} \sim 50$ ) em lavas do Havai (Loihi) e da ilha de Baffin respectivamente, são interpretados como reflectindo a contribuição de um reservatório relativamente primitivo, presumivelmente de origem profunda (Hiyagon *et al.*, 1992; Honda *et al.*, 1993; Stuart *et al.*, 2003). Mais recentemente, a análise sistemática de isótopos de Ne em basaltos oceânicos permitiu corroborar o modelo de manto estratificado interpretado com base nos isótopos de He (Moreira & Allègre, 1998). O isótopo  $^{21}\text{Ne}$  é produzido por reacções nucleares através do envolvimento de partículas  $\alpha$  (ou seja, um núcleo de  $^4\text{He}$ ) em reacções do tipo  $^{18}\text{O}(\alpha, n)^{21}\text{Ne}$  e razões isotópicas  $^{21}\text{Ne}/^{22}\text{Ne}$  elevadas têm vindo a ser observadas em basaltos do tipo MORB quando comparadas com as obtidas para os OIB. Por outro lado, para as fontes mantélicas dos basaltos das ilhas oceânicas, tem sido demonstrado que a razão isotópica  $^{21}\text{Ne}/^{22}\text{Ne}$  é a mais eficaz na detecção do componente relativamente primitivo em situações de mistura envolvendo um componente do tipo MORB (e.g. Moreira *et al.*, 2001; Madureira *et al.*, 2005).

## 2. ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO E RESULTADOS

A maior parte dos locais amostrados no presente trabalho situam-se ao longo da fronteira de placas conhecida como *Rift* da Terceira. Esta estrutura tem vindo a ser reconhecida como um sistema de alastramento oceânico ultra-lento (Vogt & Jung, 2004), para o qual foram determinados, pela primeira vez, dados isotópicos de Ne através da análise de fenocristais de olivina provenientes de lavas amostradas nas ilhas de S. Miguel e da Graciosa, bem como da bacia Hirondele. Neste último local, foram colhidas amostras de lavas submarinas a profundidades superiores a 3000 m com recurso a dragas e no âmbito da missão oceanográfica EMEPC/Açores/G3/2007. Ainda que a maior parte das razões isotópicas obtidas sejam semelhantes aos valores atmosféricos (como resultado provável de processos de contaminação superficiais), outras permitem reconhecer a presença de um componente relativamente primitivo para as lavas da bacia Hirondele, o qual foi anteriormente detectado em lavas da ilha Terceira por Madureira *et al.* (2005). No entanto, a projecção num diagrama  $^4\text{He}/^3\text{He}$  versus  $^{21}\text{Ne}/^{22}\text{Ne}$  (corrigido para a contaminação atmosférica) permite evidenciar também a presença de um componente mais radiogénico do que o normalmente considerado para uma fonte do tipo MORB (Fig 1). Consideramos como hipótese provável a presença de um componente reciclado, eventualmente litosférico, interpretação também suportada pela análise de outros sistemas isotópicos (e.g. Widom & Farquhar, 2003).

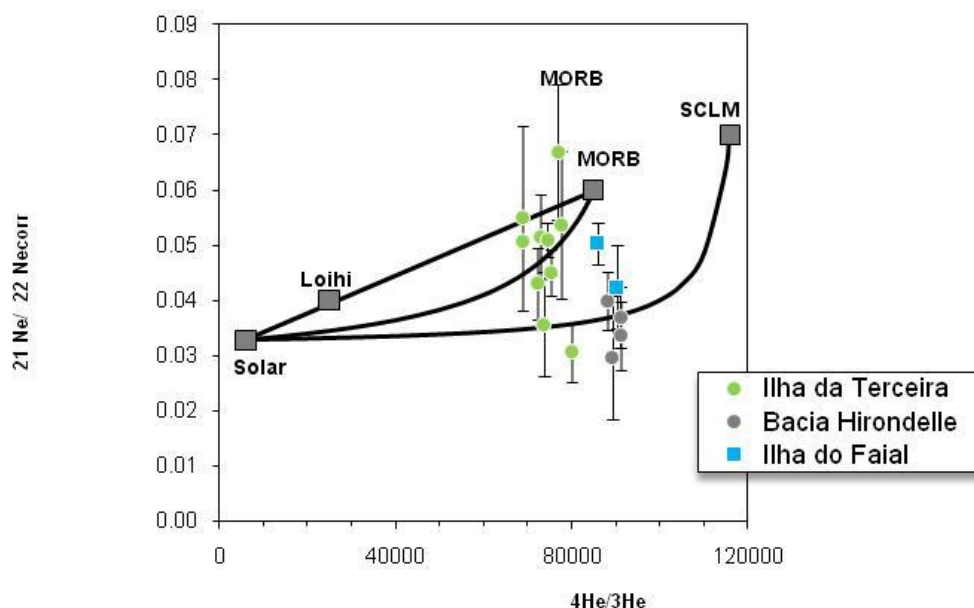


Fig. 1. Projecção num diagrama  $^4\text{He}/^3\text{He}$  versus  $^{21}\text{Ne}/^{22}\text{Ne}_{\text{corr}}$  dos dados obtidos para a ilha da Terceira, do Faial e bacia Hirondele. SCLM: Sub-continental Lithospheric Mantle (Hopp et al., 2004).

### Agradecimentos

Os dados apresentados neste trabalho foram obtidos no âmbito de dois projectos, INOGAZ e EVOLV financiados pela FCT (PTDC/CTE-GIN/68851/2006 e PTDC/CTE-GIN/71838/2006, respectivamente). P. Madureira agradece a Eric Gayer, Fabien Guillon e Loraine Ruzié todo o acolhimento e apoio prestado no laboratório Noblesse durante a estadia em Paris.

### Referências

- Allègre, C.J., M. Moreira and T. Staudacher,  $^4\text{He}/^3\text{He}$  dispersion and mantle convection, *Geophysical Research Letters* 22(17), 2325-2328, 1995.
- Hiyagon, H., M. Ozima, B. Marty, S. Zashu and H. Sakai, Noble gases in submarine glasses from mid-oceanic ridges and Loihi seamount: constraints on the early history of the Earth, *Geochim. Cosmochim. Acta* 56, 1301-13016, 1992.
- Honda, M., I. McDougall, D.B. Patterson, A. Doulgeris and D. Clague, Noble gases in submarine pillow basalt glasses from Loihi and Kilauea, Hawaii: A solar component in the Earth, *Geochim. Cosmochim. Acta* 57, 859-874, 1993.
- Hopp, J., Trieloff, M., Altherr, R., Neon isotopes in mantle rocks from the Red Sea region reveal large-scale plume-lithosphere interaction, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 219, 61-76, 2004.
- Kurz, M.D., W.J. Jenkins and S.R. Hart, Helium isotopic systematics of oceanic islands and mantle heterogeneity, *Nature*, 297, 43-47, 1982.
- Moreira, M. and C.J. Allègre, Helium - Neon systematics and the structure of the mantle, *Chem. Geol.* 147, 53-59, 1998.
- Moreira, M., K. Breddam, J. Curtice and M. Kurz, Solar neon in the Icelandic mantle: evidence for an undegassed lower mantle, *Earth Planet. Sci. Lett.* 185, 15-23, 2001.
- Madureira, P., Moreira, M., Mata, J. e Allègre, C. (2005). Primitive helium and neon isotopes in Terceira island: Constraints on the origin of the Azores archipelago. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 233:429-440.
- Stuart, F.M., S. Lass-Evans, J.G. Fitton and R.M. Ellam, High  $^3\text{He}/^4\text{He}$  ratios in picritic basalts from Baffin Island and the role of a mixed reservoir in mantle plumes, *Nature*, 424, 57-59, 2003.
- Vogt, P. e Jung W. (2004). The Terceira Rift as hyper-slow, hotspot-dominated oblique spreading axis: A comparison with other slow-spreading plate boundaries. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 218: 77-90.
- Widom, E. and J. Farquhar, Oxygen isotope signatures in olivines from São Miguel (Azores) basalts: implications for crustal and mantle processes, *Earth Planet. Sci. Lett.* 193, 237-255, 2003.